

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В ПРОГРАММНЫХ ЭКГ СИСТЕМАХ

К.Н. ПАПИРНЫЙ^{1*}, М.А. ШИШКИН², К. В. КОЛЕСНИК³.

¹ *магістрант кафедри «Промышленная и биомедицинская электроника», НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

**email: vampir110593@mail.ru*

² *доцент кафедри «Промышленная и биомедицинская электроника», канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

³ *зав. уч. ЛБМЭ, доцент кафедри «Промышленная и биомедицинская электроника», канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

Большинство современных программных ЭКГ систем используют те или иные алгоритмы сжатия данных, что необходимо для организации эффективного хранения и передачи больших объемов данных через GSM/GPRS, Internet и другие каналы связи, используемые телемедицинскими комплексами (ТМК). Некоторые методы сжатия даже включены в стандарты обмена ЭКГ данными.

Основные методы сжатия биометрических сигналов, используемые в телемедицине, по используемым принципам преобразования сигналов, можно разделить на три категории:

1) Прямые методы во временной области. Это ранние методы сжатия медико-биологических сигналов, которые включали такие, как AZTEC [1], CORTES [2] и FAN-алгоритмы. Однако они были не достаточно эффективными из-за своей квазиоптимальности и чувствительны к частоте дискретизации, уровню квантования и высокочастотных помех.

2) Методы параметрического извлечения. К ним относятся методы прогнозирования и векторного квантования (VQ) [3]. Однако, критическими зонами для таких методов являются области с низкой амплитудой что может привести к потере данных, имеющих важное клиническое значение. Например, провалы в Q и S областях и зона PQ.

3) Методы, основанные на различных типах преобразований. Данные методы преобразуют исходный сигнал в частотные компоненты. Исходный сигнал разделяется на блоки данных и затем сохраняется в частотной области в виде вектора.

Представленные три категории относятся к методам сжатия с потерями, для которых восстановление сигнала после сжатия происходит с некоторой ошибкой относительно исходного сигнала. Основное требование, предъявляемое к сжатию с потерями - это достижение максимального коэффициента сжатия (CR) при величине потерь, обеспечивающей качество восстановленного сигнала, приемлемое для его дальнейшего анализа, а также процент среднеквадратичного отклонения (PRD), величина которого рассчитывается по формуле (1) и не должна превышать 5%.

$$PRD = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^L (x(n) - x'(n))^2}{\sum_{n=1}^L x(n)^2}} \cdot 100\% \quad (1)$$

где $x(n)$ - исходный сигнал, $x'(n)$ - восстановленный сигнал, L - длина блока выборок.

Лучшими из прямых методов по критериям минимума ошибки восстановления и наибольшей степени сжатия являются алгоритмы, основанные на использовании QRS-комплексов [4]. В настоящее время алгоритмы выделения QRS-комплексов по используемому подходу можно разделить на 4 основных группы: А) алгоритмы анализа ЭКГ во временной области; Б) алгоритмы, основанные на частотно-временных, в том числе и нелинейных, преобразованиях сигнала ЭКГ; В) алгоритмы на основе применения нейросетевых моделей; Г) комбинированные алгоритмы.

Алгоритмы А используют принципы, основанные на применении к входному сигналу процедуры линейной фильтрации, некоторого нелинейного преобразования с процедурой интегрирования сигнала в скользящем окне. Эффективность методов этой группы составляет 96-98% корректно определяемых QRS-комплексов из общего числа присутствующих в ЭКГ.

Алгоритмы Б основаны на применении преобразований Фурье, Карунена-Лоева и дискретного вейвлет-преобразование [5]. Методики этой группы характеризуются относительно высокой производительностью достаточно низкой чувствительностью к шумам, превышающей 99%.

Алгоритмы В используют нейросетевые методы обработки данных и обычно применяются для анализа морфологии и классификации элементов ЭКГ. Нейросетевые модели позволяют значительно более эффективно адаптироваться к нестационарному характеру ЭКГ. Чувствительность методик варьируется в широком диапазоне, но в целом достигает 99%.

Группу Г составляют различные комбинации методов, в частности, В и Б или В и А. Особенно выигрышным, оказалось первое сочетание, поскольку подобный подход позволяет достичь максимальной на сегодняшний день чувствительности - 99,9%. Такие методы обладают высокими CR для ЭКГ-записей большой длительности. К недостаткам методов этой группы можно отнести то, что эти методы характеризуются большой вычислительной сложностью, что ограничивает их практическое применение.

Список літератури:

1. J. R. Cox et al., "AZTEC: A Preprocessing Program for Real-Time ECG Rhythm Analysis," IEEE Trans. on Biomed. Eng., 15, pp. 128-129, 1968.
2. Abernstien, J. P. A new data reduction algorithm for real time ECG analysis / Abernstien, J. P. and Thompkins, W. J. // IEEE Trans. On Biomed Engg-29, pp. 43-48, 1982.
3. «Сравнительная оценка методов сжатия биометрических сигналов для задач телемедицины» / М. А. Шишкин, К. В. Колесник //ISSN 2079.5459. Вісник НТУ «ХП». 2014. №36(1079) ст. 150-151.
4. Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. / Методы сжатия данных. //- М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003. - 384 с.
5. Нагин В.А. Особенности реализации алгоритмов QRS-комплексов для ЭКГ-систем реального времени. Журнал медицинской техники 2009г. Ст.18-23.